

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Базовая кафедра геоинформационных систем

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ В.И. Харук
подпись
« _____ » _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.02 - Информационные системы и технологии

Информационная технология обработки спутниковых данных для
изучения динамики поверхностного слоя Мирового океана.

Руководитель _____ доц. каф. Б-ГИС, к.ф.-м.н. А.В.Картушинский
подпись, дата

Студент _____ Н.А.Огородов
подпись, дата

Нормоконтролер _____ Е.В. Федотова
подпись, дата

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Базовая кафедра геоинформационных систем

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ В.И. Харук
подпись

« _____ » _____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Огородову Никите Александровичу

Группа: Ки14-14 Направление (специальность): 09.03.02

Информационные системы и технологии

Тема выпускной квалификационной работы: «Информационная технология обработки спутниковых данных для изучения динамики поверхностного слоя Мирового океана»

Утверждена приказом по университету № 7461/с от 24.05.2018 г.

Руководитель ВКР: А.В.Картушинский, доцент кафедры Б-ГИС, к.ф.-м.н.

Исходные данные для ВКР: спутниковые данные температуры поверхностного слоя мирового океана (NOAA) в период с 11.11.1981 г. по 7.02.2001 г. в формате HDF. Масштаб 18км/пикс, недельный композит; спутниковые данные температуры поверхностного слоя мирового океана (MODISA) в период с 4.07.2002 г. по 20.01.2010 г. в формате HDF. Масштаб 9км/пикс, восьмидневный композит.

Перечень разделов ВКР: 1. Анализ современных методов и средств дистанционного зондирования Земли. 2 Функциональные возможности информационной системы для построения градиентных полей поверхности Мирового океана. 3 Реализация информационной технологии

Перечень графического материала: слайды презентации.

Руководитель ВКР

А.В.

Картушинский

подпись

Задание принял к исполнению

подпись

Н.А. Огородов

« ____ » _____ 2018 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Информационная технология обработки спутниковых данных для изучения динамики поверхностного слоя Мирового океана» содержит 32 страницы текстового документа, 17 использованных источников.

СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ, МИРОВОЙ ОКЕАН, ФРОНТАЛЬНАЯ ЗОНА, ГРАДИЕНТ

В работе анализировались данные дистанционного зондирования MODIS и AVHRR, содержащие информацию о температуре поверхности Мирового океана.

Цель работы: разработка технологии обработки спутниковых данных для изучения динамики поверхности Мирового океана.

Задачи:

- проанализировать современные методы и средства изучения процессов в океане по спутниковым данным
- провести дополнение исходного банка данных спутниковой информацией по температуре поверхности океана и осуществить конвертацию первичных данных в соответствующий формат;
- изучить технологию обработки спутниковых данных по температуре поверхностного слоя океана с использованием информационной системы для расчета и построения градиентных полей поверхности мирового океана;
- рассчитать и проанализировать динамику основных температурных фронтальных зон в Атлантическом и Тихом океане по различным пространственно-временным масштабам усреднения исходных спутниковых данных.

В результате работы осуществлен расчет и проанализирована динамика основных температурных фронтальных зон в Атлантическом и Тихом океане по различным пространственно-временным масштабам усреднения исходных спутниковых данных.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Анализ современных методов и средств изучения динамики поверхностного слоя Мирового океана	6
1.1 Контактные измерения параметров океана	6
1.1.1 Судовые измерения.....	7
1.1.2 Буйковые измерения	8
1.2 Спутниковые измерения.....	10
1.2.1 Температура поверхности океана.....	11
2 Функциональные возможности информационной системы для построения градиентных полей поверхности Мирового океана	13
2.1 Формирование файловой структуры исходных спутниковых данных .	13
2.1.1 Исходные файлы формата HDF.....	16
2.1.2 Описание конвертора Parser.....	18
2.1.3 Алгоритм экспорта данных.....	20
2.2 Процедуры и функции информационной системы	21
3 Реализация информационной технологии.....	24
3.1 Изучение динамики градиентных полей температуры поверхности Мирового океана	24
Заключение	31
Список использованных источников	32

ВВЕДЕНИЕ

Измерения океанологических характеристик производятся, как правило, в динамически неустойчивой стратифицированной среде, все параметры которой изменяются как во времени, так и в прост пространстве. Все это выдвигает жесткие требования к организации, методике, технике измерений и к выбору технических средств. Кроме того, важнейшим фактором становятся задачи определения продолжительности и пространственно-временной дискретности измерений, выбора аппаратуры с оптимальной чувствительностью. Для решения этих задач необходимо располагать определенными сведениями о характерных пространственно-временных масштабах океанологических, явлений, вертикальных и горизонтальных градиентах параметров среды. Полученные к настоящему времени результаты океанологических исследований позволяют судить о значительной изменчивости процессов в Мировом океане, масштабы которых могут составлять от долей секунд до десятков лет во времени и от километров до размеров океанов в пространстве. Поэтому при постановке океанографических наблюдений всегда необходимо четко представлять, какие масштабы изменчивости будут исследоваться для решения поставленной задачи. Учитывая временные и пространственные масштабы изменчивости процессов в океане, следует определить пространственную и временную дискретность наблюдений за процессами, выбрать соответствующий вид океанографических работ и технические средства исследования.

Оценка и прогнозирование изменения характеристик природных систем является важной научной задачей в фундаментальном и прикладном значении [1].

Наибольший интерес для исследований вызывают крупномасштабные океанические фронтальные зоны (ОФЗ) климатического происхождения, поддерживаемые глобальным перераспределением количества движения и

тепла. Изменчивость ОФЗ служат отражением процессов протекающих в мировом океане [2].

Проблему ограниченности данных по времени и пространству решают современные методы дистанционного зондирования. Базы спутниковых данных содержат информацию о различных характеристиках как земной поверхности, так и поверхности океана, что позволяет широко использовать эти данные в научно-исследовательской деятельности. С помощью спутниковых данных удобно изучать процессы поверхностного слоя океана, различные по масштабам и времени.

Для определения изменчивости структурной организации поверхностного в слоях океана необходима количественная оценка изменений параметров в пространстве. В качестве объекта для таких оценок можно использовать фронтальные зоны, то есть зоны, в которых градиенты основных гидрофизических полей значительно отличаются от средних значений градиентов вне пределов данной зоны .

Немаловажным является непосредственно средство обработки информации. В лаборатории Экологической информатики Института биофизики СО РАН проводится разработка программных средств для изучения процессов в водных экосистемах Мирового океана, в том числе изучение гидрологических процессов. Один из таких продуктов – это информационная система для изучения изменчивости поверхностного слоя океана на основе спутниковых данных SSVOSatD (Sea Surface Variability of Ocean based on Satellite data), разработанная Анкудиновым А.А. под руководством Картушинского А.В. Данная система предназначена для проведения исследований в рамках научного направления Института биофизики СО РАН.

Целью данной работы является разработка технологии обработки спутниковых данных для изучения динамики поверхности Мирового океана.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать современные методы и средства изучения процессов в океане по спутниковым данным;
- провести дополнение исходного банка данных спутниковой информацией по температуре поверхности океана и осуществить конвертацию первичных данных в соответствующий формат;
- проанализировать структуру исходных спутниковых данных;
- изучить технологию обработки спутниковых данных по температуре поверхностного слоя океана с использованием информационной системы для расчета и построения градиентных полей поверхности мирового океана;
- рассчитать и проанализировать динамику основных температурных фронтальных зон в Атлантическом и Тихом океане по различным пространственно-временным масштабам усреднения исходных спутниковых данных.

1 Анализ современных методов и средств изучения динамики поверхностного слоя Мирового океана

В наше время известно множество исследовательских работ в области изучения океана с самыми различными научными подходами и средствами реализации. Одни исследователи используют приборы (приборные установки или комплексы) и получают данные, измеряя их в конкретной точке (контактные измерения, согласно [3], например, автоматический заякоренный комплекс «Аквалог» (измерители температуры и электропроводности воды, содержания растворенного в воде кислорода и скорости морских течений), с помощью которого были проведены испытания в Черном и Каспийском морях в 2005-2008 гг. [4]. Подобные исследования хороши при изучении небольших по масштабу объектов, но не подходят для таких структур, как океаны и, тем более Мировой океан. Это объясняется тем, что сбор натурных данных путем точечного снятия показаний занимает достаточно много времени, проблематичен в выборе точки измерения и, что, пожалуй, в данный момент самое главное, - довольно дорого обходится исследователями.

1.1 Контактные измерения параметров океана

Параметры поверхности Мирового океана можно измерять различными способами, использующими разнообразные физические принципы и, конечно же, обладающими различными точностными характеристиками. Методы измерения параметров поверхности Мирового океана, например температуры воды, подразделяются на контактные и неконтактные. Контактный метод основан на введении в исследуемую среду измерительного зонда, содержащего соответствующий термометрический элемент, в качестве которого используют жидкостные (ртутные) термометры, термоэлектрические термометры (термопары), проволочные и

полупроводниковые термометры сопротивления, кварцевые и деформационные (металлические) термометры. В этом случае за температуру среды принимают температуру измерительного зонда [5].

1.1.1 Судовые измерения

Научно-исследовательские суда (НИС) в основном предназначены для сбора, обработки, хранения и передачи информации о Мировом океане, атмосфере над ним, строении его дна и его биологических ресурсах. Для этой цели необходимо организовывать дорогостоящие морские экспедиции, где главные затраты материальных средств приходятся на экспериментальные исследования, т. е. на проведение научных наблюдений. Важнейшим показателем эффективности использования НИС является объем информации, который может быть собран за время экспедиционного рейса. В связи со спецификой океанографических работ НИС должны иметь высокие мореходные качества, т. е. способность осуществлять безопасное и эффективное плавание в любой сезон года, в любых шпротах, при самых сложных гидрометеорологических и навигационных условиях [5].

Одной из составляющих океанографической системы наблюдений, является океанографические разрезы, которые ориентируются на акватории океанов таким образом, чтобы они удовлетворяли ряду требований, в том числе могли:

- характеризовать изменчивость состояния среды в основных районах;
- пересекать струи постоянных течений, основные циркуляционные системы и фронты в океанах;
- проходить поперек проливов или вдоль границ между отдельными районами океанов;
- проходить по географическим границам океанов с целью мониторинга и оценки водо-, и теплообмена между океанами.

Океанографические разрезы могут выполняться как путем последовательно выполняемых океанографических станций, так и путем буксировки измерительных комплексов вдоль разрезов [6].

Еще одна составляющая данной системы это рейдовые станции. Они располагаются в прибрежных зонах, в заливах и бухтах. Это, как правило, якорные океанографические станции, размещаемые в точках с постоянными географическими координатами. Рейдовые наблюдения производятся в виде многочасовых, полусуточных, суточных, многосуточных океанографических станций [6].

Обычно для измерений используются несколько (как правило, около 20) батометров Нансена, погружаемых за борт корабля. Они закрепляются на тросе с интервалом от нескольких десятков до сотен метров. Распределение батометров по глубине делается с таким расчетом, чтобы большинство из них находилось в верхних слоях океана, где вертикальные градиенты температуры и солености — наибольшие. Защищенные опрокидывающиеся термометры (для измерения температуры) прикрепляются к каждому батометру вместе с незащищенным опрокидывающимся термометром. Батометр состоит из цилиндра с затворами на каждой стороне для отбора морской воды на глубине. Соленость определяется в лаборатории при последующем анализе этих проб. Точность определения температуры опрокидывающимися ртутными термометрами, которыми оснащены почти все НИС, составляет $0,001^{\circ}\text{C}$ [5].

1.1.2 Буйковые измерения

Для решения большого круга задач океанологии требуется производство длительных синхронных, измерений основных характеристик состояния океана на больших акваториях и на различных горизонтах. Использование для массовых гидрометеорологических наблюдений буйковых автономных измерительных комплексов позволяет повысить

эффективность океанографических работ, снизить их стоимость, вести наблюдения при любых условиях погоды и практически в любых районах Мирового океана, а также избавиться от погрешностей, вызываемых рысканием судна и его качкой [5].

В океанологической практике в последнее время широкое распространение нашли дрейфующие буи (дрифтеры), используемые для изучения процессов, происходящих в поверхностном слое океана и в атмосфере над ним. Передача информации о местоположении и гидрометеорологических характеристиках с дрифтеров, так же как и с якорных автономных буйковых станции (АБС), если там результаты наблюдений не фиксируются собственными регистраторами, осуществляется по радио каналу на пункт приема. Дрифтеры могут сбрасываться в океан как с судна, так и с летательного аппарата (самолет, вертолет), что позволяет производить исследования в отдаленных районах. Кроме того, они могут устанавливаться на льдинах для сбора информации, о дрейфе льдов и метеоданных [5].

Дальнейшим развитием системы измерений основных океанографических параметров (температуры) стало создание сети автономных или буйковых океанографических станций. Буйковые измерения можно подразделить на три основных группы: заякоренные, дрейфующие и профилирующие. Заякоренный буй — закрепленный на якорь буй, на тросе которого закреплены датчики измерения температуры, а в некоторых случаях — и датчики скорости течения. На самом буйе расположена небольшая автономная метеорологическая станция, иногда и измеритель высот ветровых волн. Получаемая информация передается по кабелю или через спутник в центр обработки данных [6].

Современный дрейфующий буй (или дрифтер) помимо передачи на борт спутника с системой “ARGO” сигнала, позволяющего определить его местоположение, оснащен датчиками измерения основных метеорологических величин (атмосферного давления, температуры воздуха,

скорости ветра и т. д.) [7]. Точность измерения для основных типов буюв приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Точность измерения для основных типов буюв

Тип датчика	Точность измерений			Комментарий
	Глубина (давление)	Температура °C	Соленость, %	Предельная глубина измерений, м
Заякоренный буй	2%	0,002—0,03	0,003	0—700
Дрейфующий буй	2%	0,001—0,01	0,002	0—1000
Профилирующий буй	2,4 дбар	0,005	0,002	1800

Однако, судовые и буйковые измерения охватывают отдельные участки Мирового океана, что ограничивает масштабность исследований.

1.2 Спутниковые измерения

В наше время существует метод измерения характеристик поверхности Земли, такой, как дистанционное зондирование – наблюдение авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами измерительной аппаратуры [8]. Приборы, используемые при зондировании Земли из космоса - самые разные, что подразумевает под собой различия в периодичности снятия показаний (от нескольких часов до месяцев), разрешении снимков (от 60 см [9] до нескольких километров [10]), и, тем более, в организации работы сканирующего устройства. Космические аппараты для дистанционного зондирования оснащаются в основном оптической или радиолокационной аппаратурой. Преимущества последней заключаются в том, что она позволяет наблюдать поверхность Земли в любое время суток, независимо от состояния атмосферы [8], решая, таким образом, проблему облачности, туманности и т.д.

1.2.1 Температура поверхности океана

Наиболее известными приборами для наблюдения поверхности океана являются NOAA, Aqua, SeaWiFS и пр. Оперативная спутниковая система NOAA (Национальная океаническая и атмосферная администрация) состоит из геостационарных спутников GOES и полярно-орбитальных спутников POES [11]. Данные, полученные спутником, накапливаются в бортовом ЗУ, а затем передаются в центры приема данных - Фэйрбэнкс (США, Аляска) и Уоллопс Айленд (США, Вирджиния).

AVHRR Advanced Very High Resolution Radiometer (усовершенствованный радиометр очень высокого разрешения) - это устройство для обнаружения излучения, которое может использоваться для дистанционного определения температуры поверхности океана. Этот сканирующий радиометр использует 6 детекторов, которые собирают различные полосы длин волн излучения [12].

Одним из ключевых инструментов является спектрометрический MODIS (спектрометрический усредненного разрешения). MODIS, имеющий 36 спектральных каналов с 12-битным радиометрическим разрешением в видимом, ближнем, среднем и дальнем ИК диапазонах, и позволяет производить регулярную съемку территории [13].

Эти и многие другие приборы являются источниками информации для создания базы спутниковых данных. Большая часть спутниковых данных находится в свободном для использования доступе. Одним из самых распространенных форматов хранения информации подобного рода является формат HDF (иерархичный формат данных), который удобен для обработки и анализа спутниковых данных.

Важным вопросом является какими программными средствами пользоваться при обработке данных. В лаборатории Экологической информатики Института биофизики СО РАН проводится разработка программных средств для изучения процессов в водных экосистемах

Мирового океана, в том числе изучение гидрологических процессов. Один из таких продуктов – это информационная система для изучения изменчивости поверхностного слоя океана на основе спутниковых данных.

2 Функциональные возможности информационной системы для построения градиентных полей поверхности Мирового океана

В лаборатории Экологической информатики Института биофизики СО РАН проводится разработка программных средств для изучения процессов в водных экосистемах Мирового океана, в том числе изучение гидрологических процессов. Один из таких продуктов – это информационная система для изучения изменчивости поверхностного слоя океана на основе спутниковых данных. На рисунке 1 представлена структурная схема элементов информационной системы.



Рисунок 1 – Схема элементов информационной системы

2.1 Формирование файловой структуры исходных спутниковых данных

В ходе работ по поиску исходных спутниковых данных выявилась невозможность дополнить существующий ряд данных новыми данными поэтому, основой для ИС для построения градиентных полей поверхности

Мирового океана, послужила база спутниковых данных, включающая в себя следующую информацию:

- спутниковые данные температуры поверхностного слоя мирового океана (NOAA) в период с 11.11.1981 г. по 7.02.2001 г. в формате HDF. Масштаб 18км/пикс, недельный композит;
- спутниковые данные температуры поверхностного слоя мирового океана (MODISA) в период с 4.07.2002 г. по 20.01.2010 г. в формате HDF. Масштаб 9км/пикс, восьмидневный композит.

Так же в ходе работы было обнаружено что современными архивными центрами такими как Oceanscolor и Podaac, с данными которых проходит работы, был изменен формат хранения исходных спутниковых данных а предыдущий формат хранения был отправлен в архив [14]. Поэтому возникла необходимость разработать структуру исходных спутниковых данных для удобной загрузки и повторного обращения к данным ресурсам. Структура исходных спутниковых данных приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Структура исходных спутниковых данных

Параметры	Описание	Формат	Источник
Поверхностная температура океана	MODIS (8day,Daily, monthly ,annual)4km,9km 2002-2015	HDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/
Поверхностная температура океана	MODIS (8day,Daily, monthly ,annual)4km,9km 2002-2017	NetCDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/
Поверхностная концентрация хлорофилла «а»	MODIS (Daily, monthly) 4km2002-2015	HDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/
Поверхностная концентрация хлорофилла «а»	MODIS (Daily, monthly) 4km 2002-2017	NetCDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/

Продолжение Таблицы 2

Параметры	Описание	Формат	Источник
Поверхностная температура океана	AVHRR MCSST day/night 18km resolution 1981-2001	HDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/
Поверхностная температура океана	AVHRR (pathfinder_v5) (5,7,8day, Daily, monthly ,annual) day/night 4km 1985-2009	HDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/
Поверхностная температура океана	AVHRR lvl4 (Monthly) 1854-2017	NetCDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/
Поверхностная соленость океана	AQUARIS 2011-2015	NetCDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/
Поверхностная соленость океана	Smap (8day_running, monthly) 2015-2017	NetCDF	https://podaac.jpl.nasa.gov/
Поверхностная температура океана	MODIS 4km,9km 1999-2017	NetCDF	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/
Поверхностная концентрация хлорофилла «а»	MODIS 4km,9km 1999-2017	NetCDF	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/
Поверхностная концентрация хлорофилла «а»	CZCS 4km,9km 1978-1986	NetCDF	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/
Поверхностная температура океана	AQUARIS 2011-2015	NetCDF	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/
Поверхностная соленость океана	AQUARIS 2011-2015	NetCDF	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/

Поскольку информационная система используемая для обработки данных использует файлы формата HDF необходимо изучить данный формат исходных данных.

2.1.1 Исходные файлы формата HDF

HDF- многообъектный формат файла для распределения научных данных в распределенной среде, разработанный в 1992 году в Национальном центре по применению суперкомпьютеров для того, чтобы служить по необходимости группам ученых, работающим над одним проектом, но в разных направлениях [15]. Основным преимуществом формата является самоописываемость формата. Термин «самоописывающиеся» подразумевает, что для каждой структуры HDF данных в файле содержится обширная информация о данных и об их положении в файле. Эта информация часто указывается как метаданные (metadata). Также множество типов могут включаться в HDF файл. Например, можно хранить символьную, численную и графическую информацию в HDF файле, используя соответствующую структуру HDF файла. Доступ к различным частям информации осуществляется посредством метаданных, которые задает пользователь при создании файла [16]. Наличие метаданных в формате несколько осложняет обработку информации, в виду того, что структура метаданных в различных банках данных может существенно отличаться. Поэтому данные перед обработкой подготавливаются и приводятся к определенному формату.

HDF файл состоит из заголовка файла, как минимум одного блока описания данных (блок дескрипторов) и из нуля или более элементов данных [15]. Схема HDF файла представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема HDF файла, содержащего один объект данных

Заголовок файла занимает первые 4 байта и определяет файл как HDF файл.

Вслед за заголовком идет как минимум один блок дескрипторов. Каждый блок дескрипторов в начале своем хранит информацию о размере блока (2 байта) и адрес следующего блока (4 байта), если таковой существует, в противном случае в адресе записан 0. После идет ряд дескрипторов данных, ссылающиеся на блоки данных.

Каждый дескриптор данных имеет длину 12 байт и содержит 4 поля [8]:

- таг – это поле дескриптора данных, которое определяет тип данных хранящихся в соответственном элементе данных (2 байта);
- номер ссылки – номер ссылки в библиотеке, задается при создании дескриптора и не может быть изменен в течение жизни объекта данных, номер ссылки которого определен (2 байта);
- смещение указывает на положение блока данных в файле, в байтах от начала файла (4 байта);
- длина – размер блока данных в байтах (4 байта).

Комбинация тага и номера ссылки однозначно идентифицирует соответствующий объект данных в файле.

При работе с информационной системой используются файлы специального разработанного формата SSV поэтому для работы с данной информационной системой необходимо преобразования формата эти преобразования выполняются конвертором Parser.

2.1.2 Описание конвертора Parser

Конвертор Parser представляет собой консольное приложение, работающее в тандеме с утилитой HDFTOBIN.

Основная задача приложения вызывать конвертор HDFTOBIN на каждый файл из выборки, передавая ей в качестве атрибута имя файла с дальнейшей постобработкой *.data файла и формировании выборки в формате SSV.

Финальным этапом формирования выборки является формализация выборки, в процессе которой файлы-заготовки переименовываются в соответствии с требованиями формата SSV. В зависимости от выбранного пункта меню запускается та или иная функция обработки данных. На рисунке 3 представлена структурная схема элементов конвертора Parser.

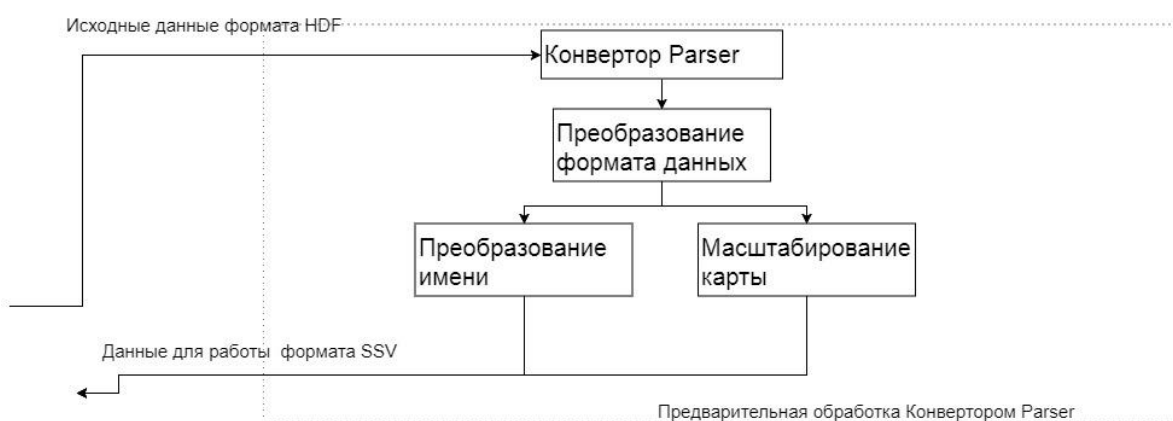


Рисунок 3 – Схема элементов конвертора Parser

В утилиту включены не все требуемые алгоритмы постобработки. В программе предоставлены лишь те алгоритмы в которых появилась

необходимость при работе с банками данных PODAAC и OceanColor. При работе с другими наборами данных может возникнуть необходимость описания новых алгоритмов пост-обработки.

На рисунке 4 представлена блок-схема алгоритма работы конвертора Parser.

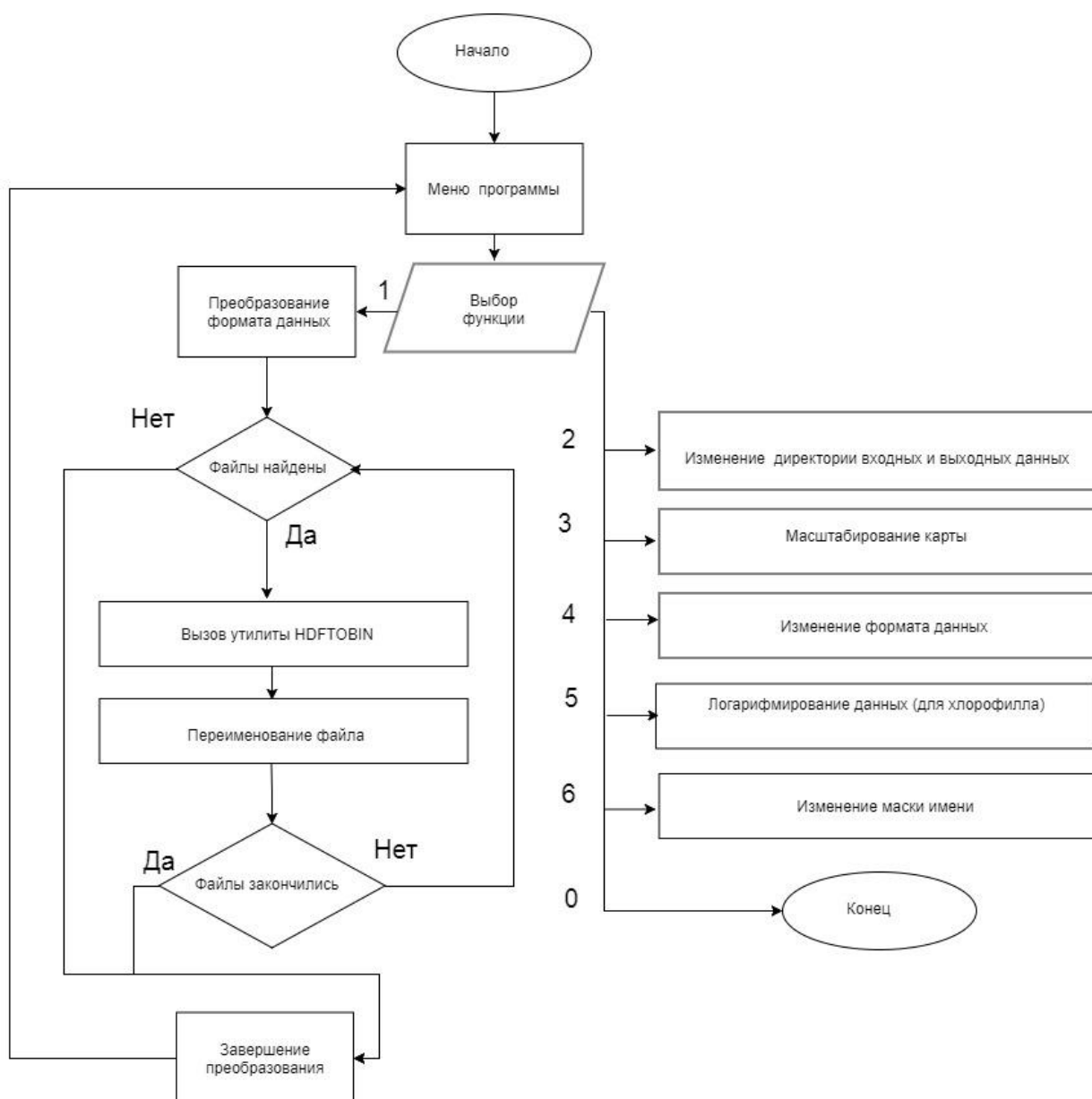


Рисунок 4 – Алгоритм работы конвертора Parser

Цифрами на рисунке 4 обозначены пункты меню реализованные в конвертере parser.

2.1.3 Алгоритм экспорта данных

Для комфортной работы с данными и лучшей их визуализации было решено использовать программные средства Microsoft Excel, так как в информационной системе реализована функция экспорта данных. Был разработан алгоритм экспорта данных.

На рисунке 5 представлена блок-схема алгоритма экспорта данных.

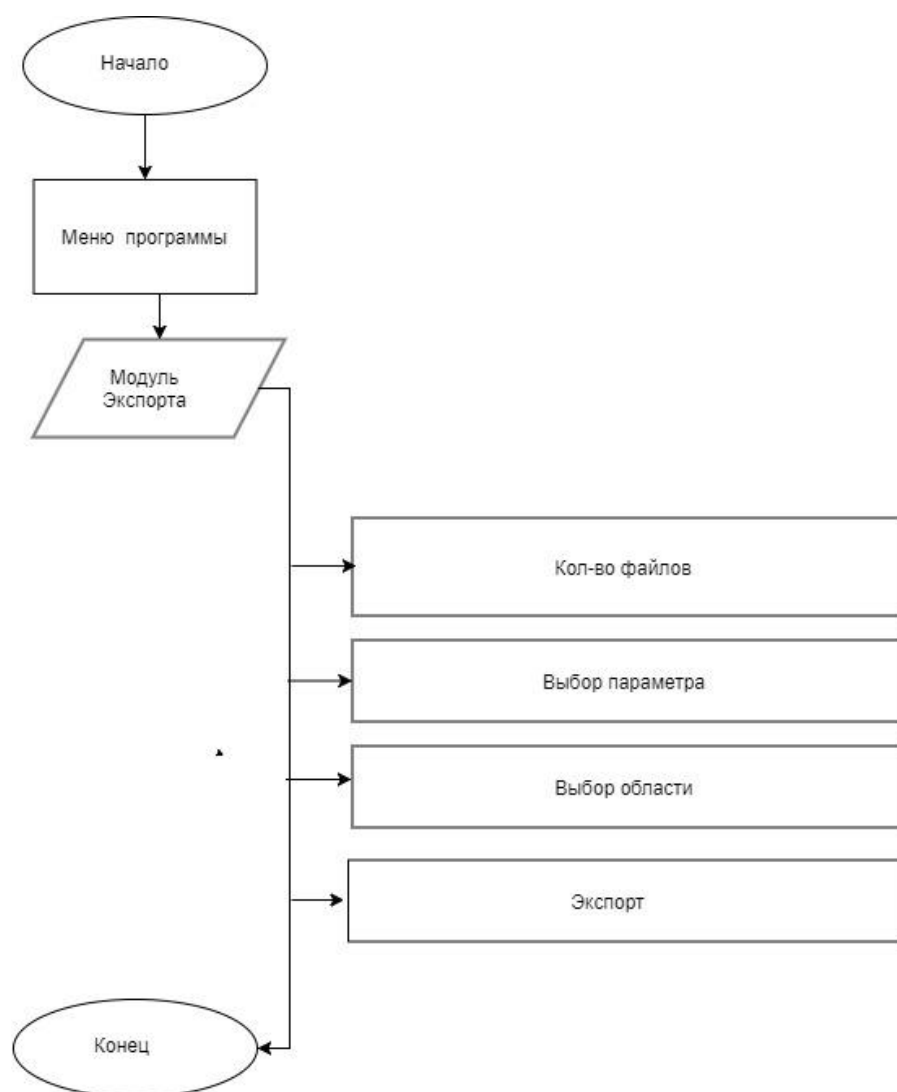


Рисунок 5 – Алгоритм экспорта данных

На рисунке 5 представлены функции модуля экспорта в виде блок-схемы. Функция «Кол-во файлов» позволяет задать количество экспортируемых данных путем ввода временного интервала необходимых

данных. Функция «Выбор параметров» позволяет выбрать экспортируемый параметр если вы работаете с несколькими параметрами, например температура и концентрация хлорофилла. Функция «Выбор области» позволяет задать область экспорта данных на карте с помощью координатной сетки. Функция «Экспорт» производит экспортирование данных в заранее подготовленный текстовый документ в необходимом вам каталоге компьютера.

2.2 Процедуры и функции информационной системы

На рисунке 6 представлена структурная схема элементов информационной системы.

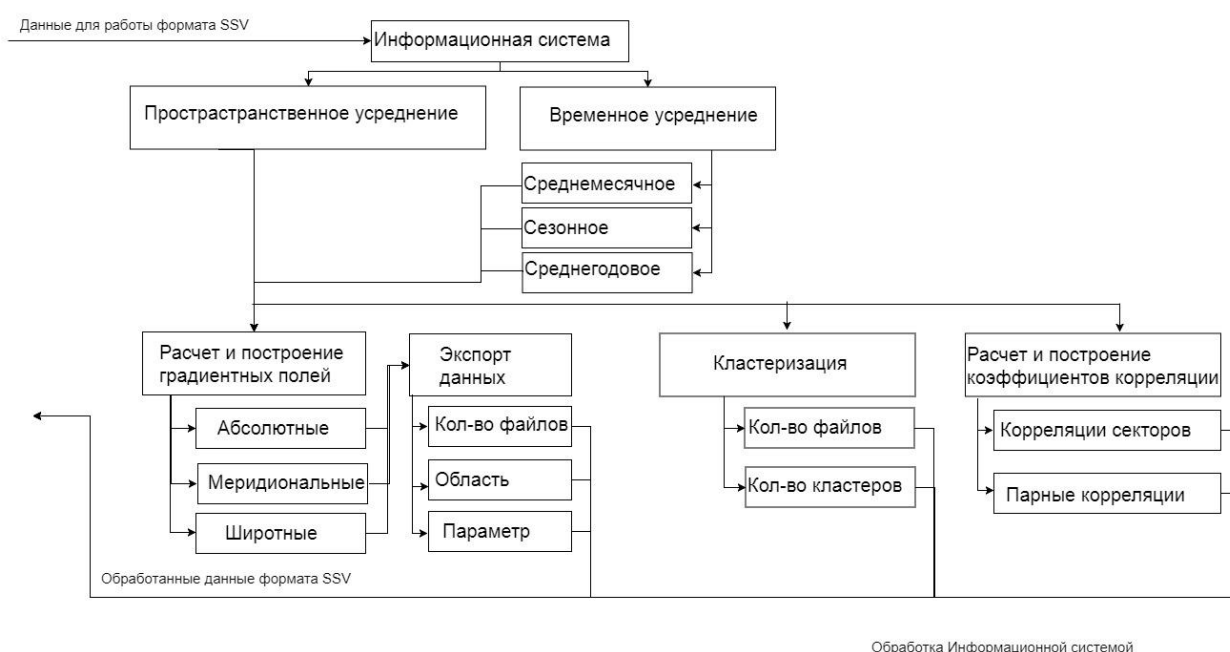


Рисунок 6 – Схема элементов информационной системы

Функциональные возможности ИС заключаются в следующем:

- обеспечение усреднения входных данных по времени (месячное, сезонное, годовое) и масштабу расчетной сетки (8, 16, 32, 64, 128), которое

позволяет выделять крупномасштабные и долговременные гидрофизические процессы;

- расчет градиентов и визуализация кластеров по значениям градиентов, что подразумевает процесс разбиения выборки на однородные группы с указанием количества выделяемых кластеров и максимального числа итераций расчета, реализованного по алгоритму k-средних (позволяет визуально выделить зоны в океане со схожими изменениями значений градиентов, что дает наглядное отображение фронтальных зон). Сектора, в которых изменения значений существенно отличаются, окрашиваются в разные цвета, что приводит к формированию карты кластеров;

- расчет коэффициентов корреляции (позволяет выявлять наличие или отсутствие связи между процессами, происходящими в отдельных районах океана в сравнении с показателями в соседних квадратах на карте);

- вывод изображения в виде таблицы корреляции и корреляционной карты, полученной на основе вычислений парных корреляций, отображающих связи между соседними секторами.

Таким образом, разработанная информационная система представляет собой удобный инструмент для изучения процессов самоорганизации в океане по физическим параметрам (температура воды, градиент температуры) и биологическим показателям (концентрация хлорофилла, концентрация фитопигментов) на основе спутниковых данных. Программные средства позволяют анализировать особенности средненедельной, среднемесячной, среднесезонной и межгодовой изменчивости полей температуры и хлорофилла в поверхностном слое Мирового океана по данным спутниковых измерений. В программном пакете реализованы алгоритмы, необходимые для изучения процессов самоорганизации в зонах с высокой энергетической активностью, фронтальных зонах и фронтальных разделах на основе применения статистических методов кластерного и корреляционного анализа.

На рисунке 7 представлена блок-схема алгоритма работы информационной системы.

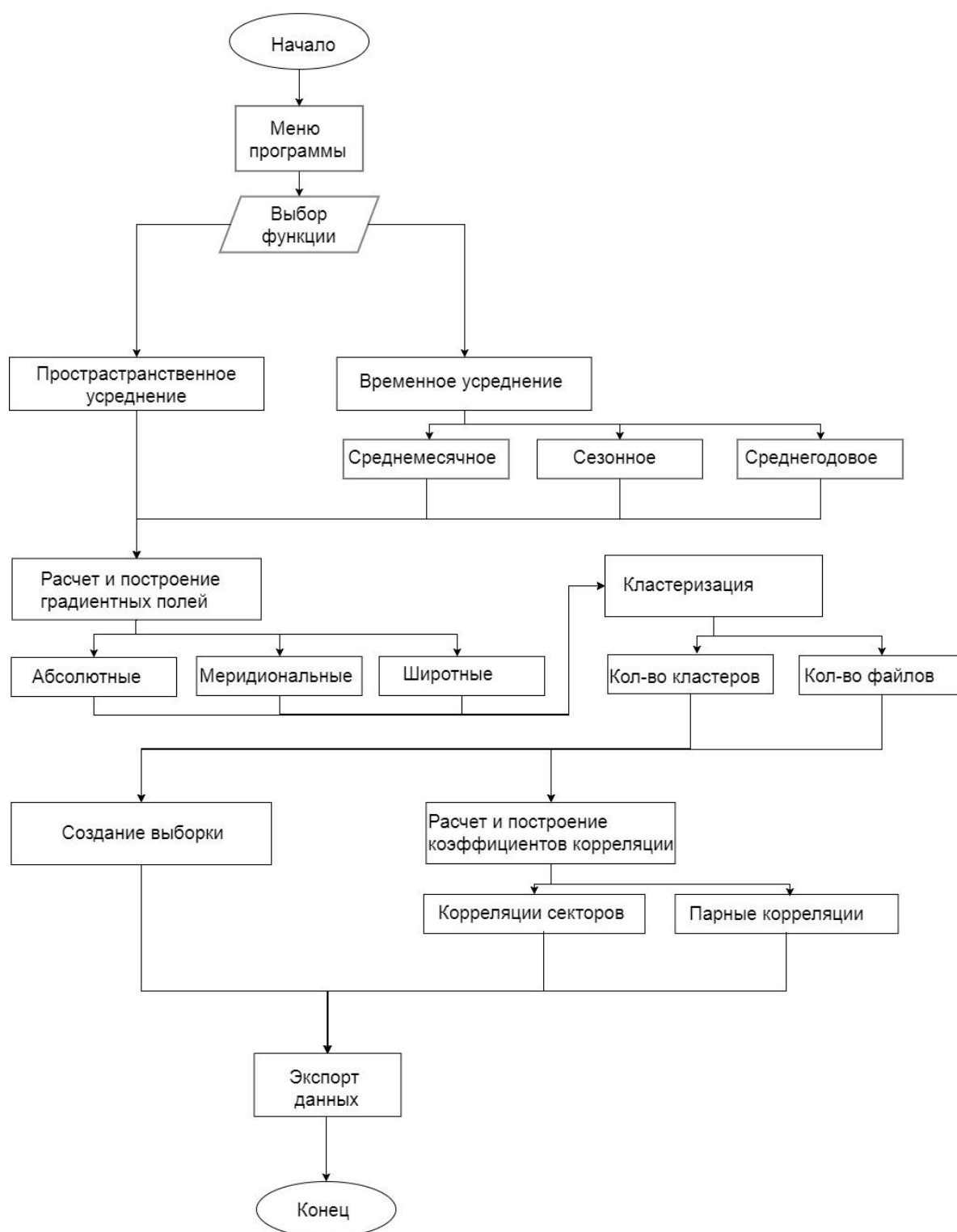


Рисунок 7 – Алгоритм работы информационной системы

3 Реализация информационной технологии

3.1 Изучение динамики градиентных полей температуры поверхности Мирового океана

В работе Картушинского А.В [17] было выявлено, что в течение отдельных сезонов происходит перестройка структуры температурных фронтальных зоны (ТФЗ), которые образованы струйными течениями, имеющими существенную разницу температур (холодные и теплые течения), а также различную соленость. Это связано не только с процессами в толще океана, но и с атмосферным взаимодействием.

В ходе работы для исследования изменчивости меридиональных и широтных градиентов температуры на масштабе среднемесячного усреднения были выбраны точки в различных фронтальных зонах приведенные на рисунке 8 и в таблице 3 [17].

Таблица 3 – Определения выбранных точек

Фронтальная зона	Координаты	Точка
Северо – Атлантическая		
Субполярный фронт (СФ-А)	50°N – 50°W	P3 nA
Субполярный фронт (СФ-А)	50°N – 40°W	P4 nA
Субполярный фронт (СФ-А)	40°N – 50°W	P5 nA

Продолжение Таблицы 3

Фронтальная зона	Координаты	Точка
Южно – Атлантическая		
Субантарктический фронт (ЮПФ-А)	50°S – 60°W	P1 sA
Южный Полярный фронт (ЮПФ-А)	55°S – 60°W	P3 sA
Южный Полярный фронт	50°S – 40°W	P4 sA
Северо – Тихоокеанская		
Субполярный фронт (СФ-Т)	40°N – 145°E	P1 nP
Субполярный фронт (СФ-Т)	40°N – 160°E	P3 nP
Южно – Тихоокеанская		
Южный Полярный фронт (ЮПФ-Т)	55°S – 80°W	P1 sP
Южный Полярный фронт (ЮПФ-Т)	55°S – 110°E	P2 sP
Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК)	0° – 110°E	P2 s

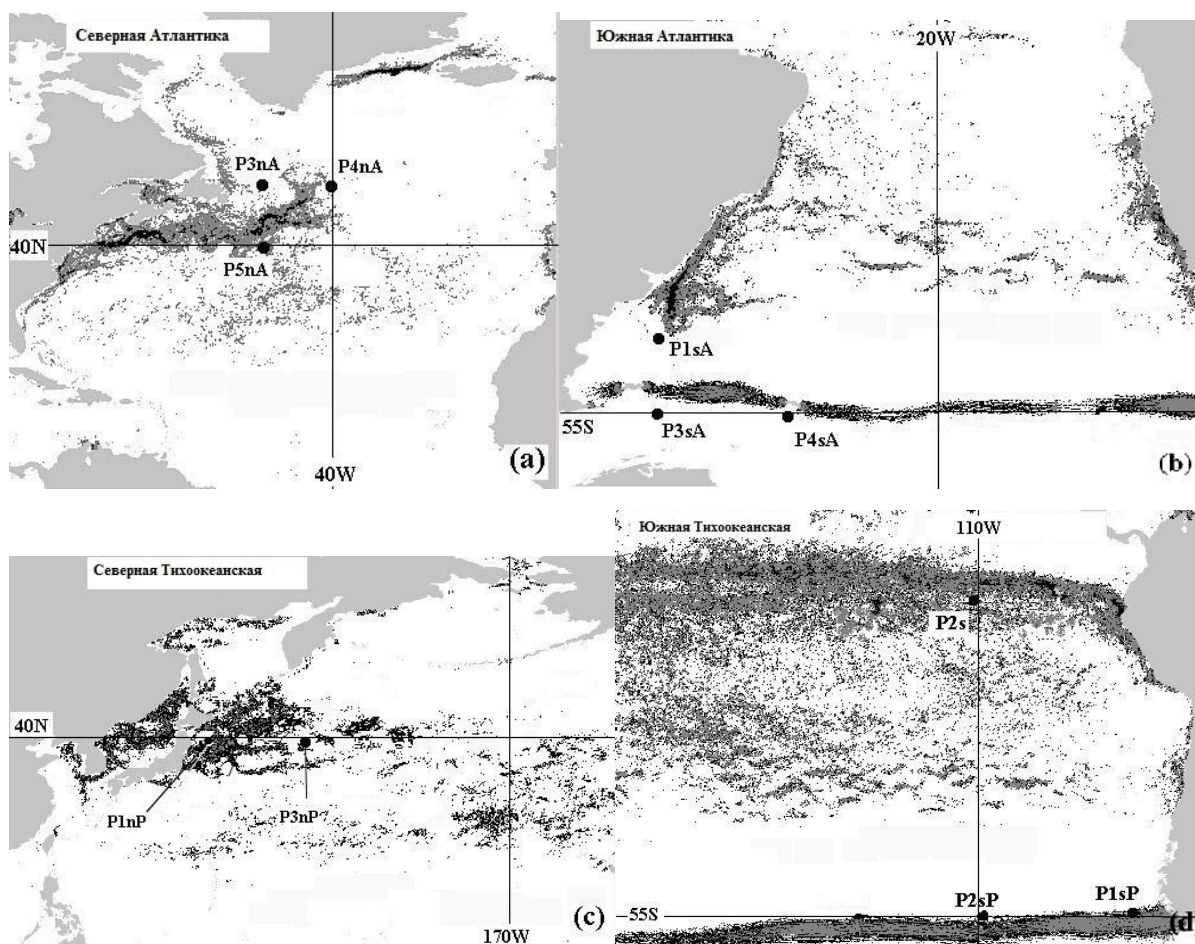


Рисунок 8 – Структура температурных фронтальных зон (а) Северо – Атлантическая b) Южно – Атлантическая d) Северо – Тихоокеанская d) Южно – Тихоокеанская)

Для исследований был произведен расчет и построение меридиональных и широтных градиентов на масштабе сезонного усреднения для временных периодов 1982-2000г. и 2001-2013г. На графиках сезоны обозначены заглавными буквами В (весна), Л (лето), О(осень), З(зима), градиенты – мерид (меридиональный), широт (широтный), для удобства отображения графиков были добавлены подписи только к сезонам весны и осени.

Значения широтных и меридиональных сезонных градиентов температуры поверхности Мирового океана (ГТПМО) для временного

График зависимости значения градиента от сезонов для меридиана (синяя сплошная линия) и широты (красная пунктирная линия). Ось X — Сезоны (2001–2013), ось Y — Значение Градиента (0–0,12). Меридиан имеет более высокие значения, чем широта, с выраженными пиками в 2008 и 2009 годах.

На рисунке 9 для Северо-Атлантической фронтальной зоны в точке РЗ пА для сезонов весна 2008г. и зима 2008-2009г. наблюдаются совпадения максимальных значений меридиональных и широтных градиентов. Минимальные значения градиентов приходятся на летние периоды. Для остальных точек совпадений меридионального и широтного градиентов и четко выраженной сезонной изменчивости, выявить не удалось.

27

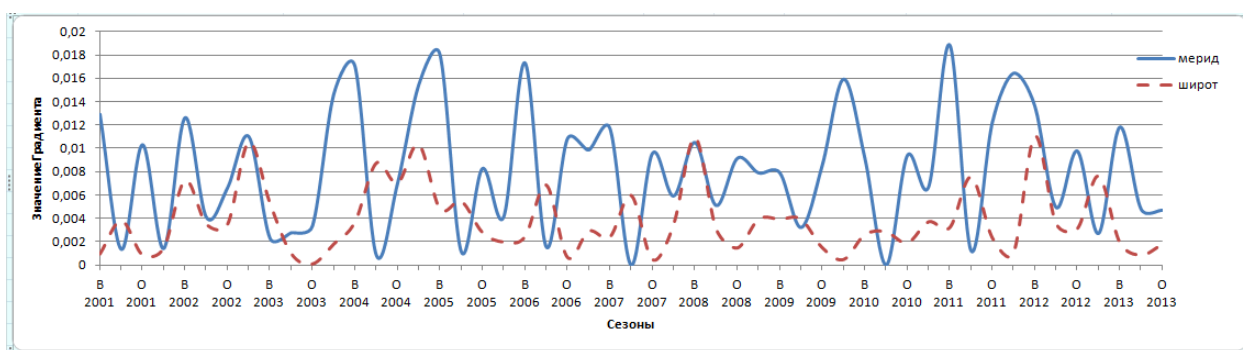


Рисунок 11 – Значения ГТПМО для точки P1 sA для периода 2001-2013г.

На рисунках 10-11 для Южно-Атлантической фронтальной зоны в точке P1 sA минимальные значения градиентов приходятся в основном на летние периоды. В работе Картушинского А.В. [17] проводится исследование абсолютных градиентов для периода 1982-2000г. и полученные минимальные значения градиентов так же приходятся на летние периоды, исходя из этого можно предположить о связи меридиональных, широтных и абсолютных градиентов, а так же проанализировать возможные связи для периода 2001-2013г.

На рисунке 12 приведены значения градиентов для Северо-Тихоокеанской фронтальной зоны в точке P3 nP.

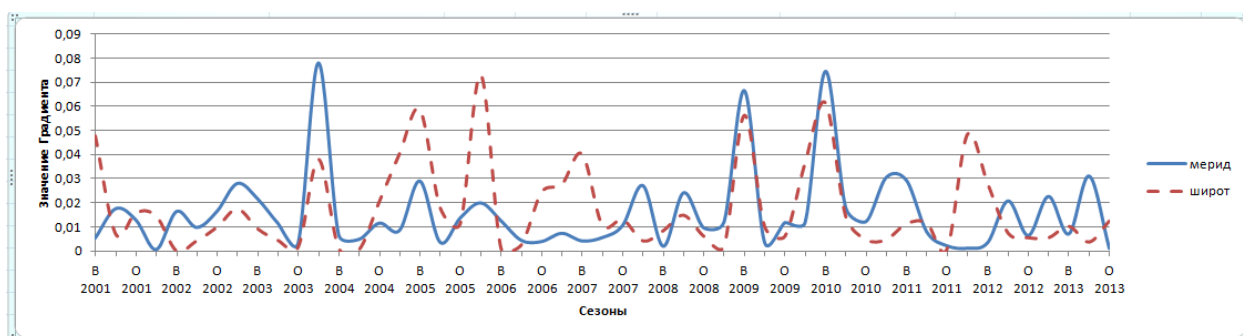


Рисунок 12 – Значения сезонных ГТПМО для точки P3 nP

На рисунке 12 для Северо-Тихоокеанской фронтальной зоны в точке P3 nP наблюдаются совпадения максимальных значений меридиональных и широтных градиентов для сезонов весна 2009г. и весна 2010г. Для остальных

точек совпадений меридионального и широтного градиентов и четко выраженной сезонной изменчивости, выявить не удалось.

На рисунке 13 приведены значения градиентов для Южно-Тихоокеанской фронтальной зоны в точке P1 sP.

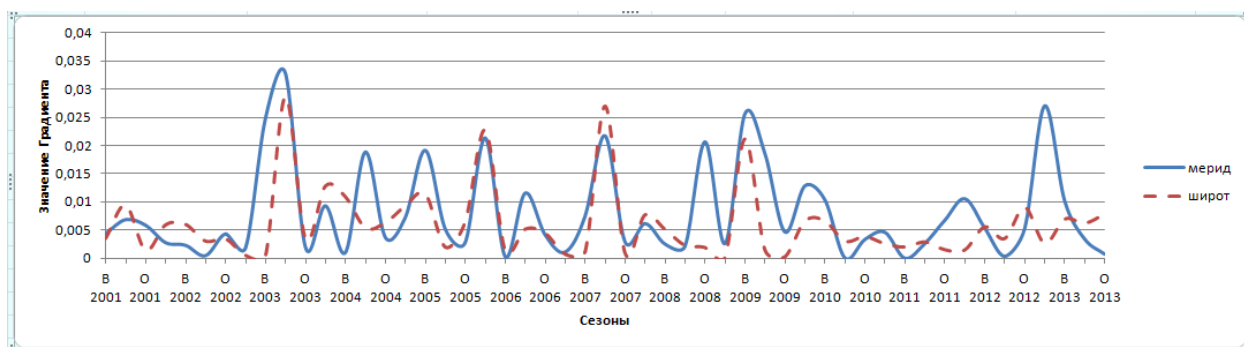


Рисунок 13 – Значения сезонных ГТПМО для точки P1 sP

На рисунке 13 для Южно-Тихоокеанской фронтальной зоны в точке P1 sP для сезонов лето 2003г., лето 2007г. и лето 2009г. наблюдаются совпадения максимальных значений меридиональных и широтных градиентов. Для остальных точек совпадений меридионального и широтного градиентов и четко выраженной сезонной изменчивости, выявить не удалось

На рисунках 14-15 приведены значения градиентов для Южно-Тихоокеанской фронтальной зоны для точек P1 sP и P2 sP.

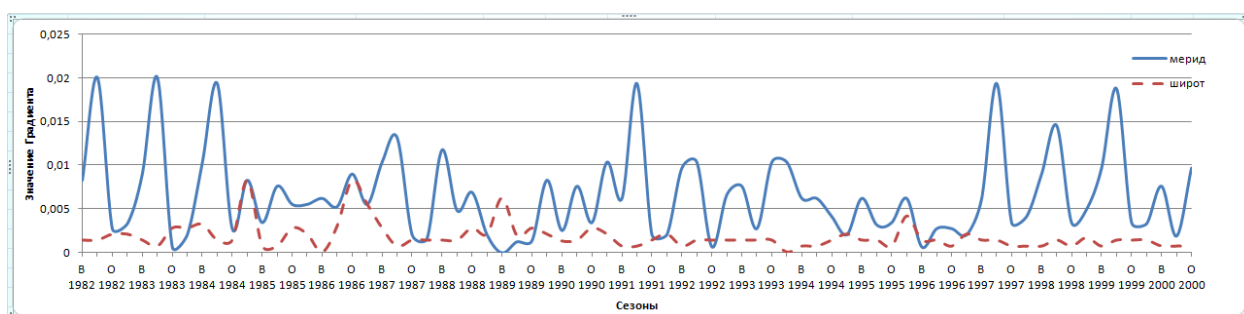


Рисунок 14 – Значения сезонных ГТПМО для точки P1 sP

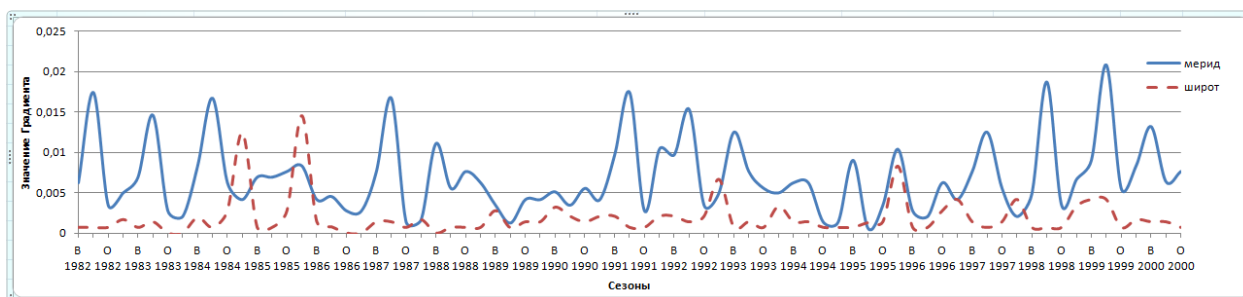


Рисунок 15 – Значения сезонных ГТПМО для точки P2 sP

На рисунках 14-15 для точек P1 sP и P2 sP Южно-Тихоокеанской фронтальной зоны наблюдаются совпадения максимальных значений меридиональных градиентов и их значения в основном приходятся на летние периоды.

В ходе работы проведен анализ изменчивости пространственных структур ТФЗ. Исследована среднесезонная изменчивость градиентов температуры поверхности океана для фронтальных зон, по отдельным выбранным точкам. Сезонная изменчивость ТФЗ имеет определенные циклы для струйных и дрейфовых течений.

Полученные данные позволяют судить что меридиональные и широтные градиенты на временных промежутках 1982-2000г. и 2001-2013г. на масштабе сезонного усреднения совпадают, и имеют четко выраженную сезонную изменчивости для некоторых точек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы достигнуты следующие основные результаты:

- проанализированы современные методы и средства изучения процессов в океане по спутниковым данным;
- проведено дополнение исходного банка данных спутниковой информацией по температуре поверхности океана и осуществлена конвертация первичных данных в соответствующий формат;
- реализована технология обработки спутниковых данных по температуре поверхностного слоя океана с использованием программных средств для расчета градиентных полей в Мировом;
- осуществлен расчет и проанализирована динамика основных температурных фронтальных зон в Атлантическом и Тихом океане по различным пространственно-временным масштабам усреднения исходных спутниковых данных;

При продолжении исследования в данном направлении необходимо будет решить проблему дальнейшего дополнения базы данных информацией.

В ходе работы сформированы следующие перспективы для дальнейшего исследования в данном направлении:

- дальнейшее дополнение базы спутниковых данных;
- построение меридиональных и широтных градиентов для концентрации хлорофилла поверхности мирового океана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Картушинский, А.В. Изучение градиентных полей поверхности земли по спутниковым данным / А. В. Картушинский, Н. А. Кукоба //Вестник СИБГАУ. – 2015. – Т. 16, № 3. – С. 588.
2. Самоорганизующаяся система [Электронный ресурс] : большая советская энциклопедия / Электрон. дан. – Режим доступа: <http://bse.sci-lib.com/article099242.html>.
3. Дистанционное зондирование Земли [Электронный ресурс]: свободная энциклопедия Википедия / Электрон. дан. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Дистанционное_зондирование_Земли.html.
4. Спутниковая фотосъемка [Электронный ресурс] : свободная энциклопедия Википедия / Электрон. дан. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковая_фотосъёмка.html.
5. Коровин, В. П. Зарубежные технические средства в океанологии / В.П. Коровин. – Санкт- Петербург, 1994. – 196 с.
6. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / А. Г. Костяной [и др.]. – Москва, 2012. – 588 с.
7. Данные дрейфующих буев [Электронный ресурс]: Электрон. дан. – Режим доступа: <http://bse.sci-lib.com/article099242.html>.
8. Контактное зондирование параметров атмосферы и океана с помощью автоматических летательных аппаратов [Электронный ресурс] : Тропические циклоны и окружающая среда/ Электрон. дан. – Режим доступа:http://artashat.ru/?Kontaktное_zondirovanie_parametrov_atmosfery_i_ok_eana_s_pomoshmzyu_avtomaticheskikh_letatelmznyh_apparatorov.
9. Лаборатория экспериментальной физики океана [Электронный ресурс]: Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.ocean.ru/content/view/31/50>.

10. Данные дистанционного зондирования [Электронный ресурс]: свободная энциклопедия Википедия / Электрон. дан. – Режим доступа: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=22&table=news.html.
11. Спутниковая система NOAA [Электронный ресурс]: Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета» / Электрон. дан. – Режим доступа: http://planet.iitp.ru/spacecraft/noaa_rus.html.
12. Спутниковая система NOAA [Электронный ресурс]: – Режим доступа <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>.
13. Данные дистанционного зондирования со спутника AQUA [Электронный ресурс] : Космические снимки / Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.sovzond.ru/satellites/436/443.html>.
15. WHY HDF? [Электронный ресурс]: – / Режим доступа: www.hdfgroup.org/why_hdf/html.
16. HDF specification [Электронный ресурс]: – / Режим доступа: www.hdfgroup.org/HDF5/doc/RM/RM_H5Front.html.
17. Kartushinsky A.V. Analysis of the variability of temperature gradient in the ocean frontal zones based on satellite / A.V.Kartushinsky, A.Y. Sidorenko // Advanced Space Research Data. – 2013 – P. 1469 – 1474.